

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-306890

(43) 公開日 平成4年(1992)10月29日

(51) Int.Cl.⁵

H 0 1 L 43/02

G 0 1 B 7/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

P 7342-4M

D 7355-2F

審査請求 未請求 請求項の数15(全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平3-322090

(22) 出願日 平成3年(1991)12月5日

(31) 優先権主張番号 07/622436

(32) 優先日 1990年12月5日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 591137422

データ インストルメンツ インコーポレ
イテッド

DATA INSTRUMENTS IN
CORPORATED

アメリカ合衆国、マサチューセッツ、アク
トン、ディスカバリー ウェイ 100

(72) 発明者 オーヴィレ イー、 ヒーン

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州

01778 ウェイランド テインバー レー
ン 15

(74) 代理人 弁理士 三澤 正義

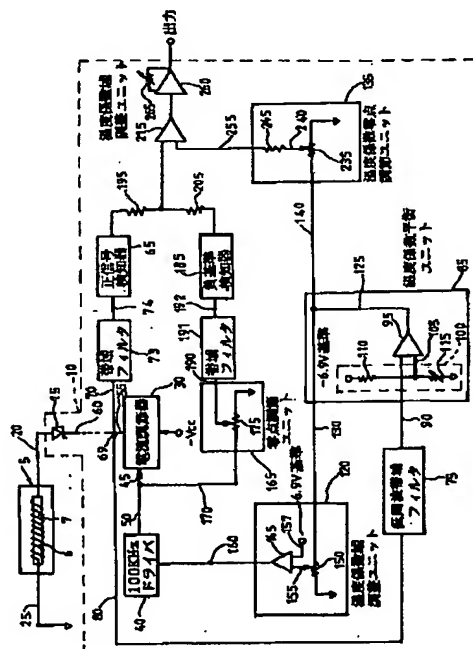
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 誘導型線形変位トランスジューサおよび温度補償信号プロセッサ

(57) 【要約】

【目的】 誘導型線形変位トランスジューサと該トランスジューサに接続された温度補償信号プロセッサを含むトランスジューサシステムを提供する。

【構成】 対象物の線形変位を測定する温度補償型トランスジューサシステムであって、 誘導型線形変位トランスジューサと前記トランスジューサに結合した温度補償信号処理手段とからなり、前記温度補償信号処理手段は、前記コイルを直流電源に接続して電流を前記コイルに通じる電流調節器手段を含む手段と、前記コイルに通じる電流を変調する交流用の前記電流調節器手段に接続され入力制御端子を有し前記コイルを流れる電流の振幅を前記入力端子に印加された直流信号に応じて変化させるように設定したドライバ手段と、前記コイルと前記電流調節器手段と直列に接続された感温手段と、前記感温手段と前記ドライバ手段に結合され前記コイルに相対的な前記部材の線形変位の温度補正出力信号データを提供する信号プロセッサ手段を含む温度補償型トランスジューサシステム。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 対象物の線形変位を測定する温度補償型トランスジューサシステムであって、誘導型線形変位トランスジューサと前記トランスジューサに結合した温度補償信号処理手段と、支持体に巻きつけたる巻状の導電性コイルと前記コイルと前記支持体に入れ子状にはめ込まれて受容される導電性で非強磁性体の細長い部材を含み、前記部材または前記コイルは測定の対象物に取り付けられて前記対象物の直線運動が前記コイルに相対的な前記部材の線形変位を生じるようにされた前記トランスジューサと、前記温度補償信号処理手段は (a) 前記コイルを直流電源に接続して電流を前記コイルに通じる電流調節器手段を含む手段と、 (b) 前記コイルに通じる電流を変調する交流用の前記電流調節器手段に接続され入力制御端子を有し前記コイルを流れる電流の振幅を前記入力端子に印加された直流信号に応じて変化させるように設定したドライバ手段と、 (c) 前記コイルと前記電流調節器手段と直列に接続された感温手段と、 (d) 前記感温手段と前記ドライバ手段に結合され前記コイルに相対的な前記部材の線形変位の温度補正出力信号データを提供する信号プロセッサ手段を含む温度補償型トランスジューサシステム。

【請求項2】 前記温度補償信号処理手段は、前記感温手段と前記電流調節器手段とを接続し、前記感温手段を介してコイルの信号の直流オフセットの変化を検知し、出力が前記電流調節器手段によって供給された変調電流の振幅を調整してトランスジューサの温度変化に起因するコイルの信号の振幅にいかなる変化があっても補償する性質をもつ前記ドライバ手段への入力制御信号として信号を発生する手段と、コイルの信号の交流成分の振幅を監視して出力信号を前記コイルに相対的な前記部材の位置を表示する前記交流成分の関数として発生する手段を備える前記請求項1記載のシステム。

【請求項3】 前記感温手段がダイオードである請求項1記載のシステム。

【請求項4】 前記感温手段がショットキーダイオードである請求項1記載のシステム。

【請求項5】 前記ダイオードが前記コイルに密接して取り付けられてある請求項1記載のシステム。

【請求項6】 前記コイルが中空筒状の支持体の周囲に取り付けられており前記ダイオードが前記中空筒状の支持体の一端に取り付けられている請求項1記載のシステム。

【請求項7】 前記信号処理手段が前記トランスジューサが発する信号に応じて変化する第1の直流信号を励起する手段と、前記ドライバ手段に接続して前記ドライバ手段の出力の関数として変化する第2直流信号を励起する手段と、前記第1および第2直流信号とを合算して前記コイルに相対的な前記部材の位置の関数として変化する合算された直流信号を提供する合算手段とを含む請求

項1記載のシステム。

【請求項8】 コイルの位置に相対的な部材の位置の変化の関数として変化する出力を供給する合算増幅器と、前記合算増幅器の信号出力の大きさを変化させる手段とを含む請求項7記載のシステム。

【請求項9】 前記感温手段がダイオードであって前記信号処理手段が前記ダイオードに結合して前記ダイオードの温度依存性の関数として変化する直流信号を励起する手段を含む請求項1記載のシステム。

10 【請求項10】 前記感温手段がダイオードであって前記信号処理手段が前記ダイオードと結合して交流信号だけを通す高周波帯域フィルタと、更に前記フィルタに結合して前記コイルに相対的な前記磁心の位置の関数として変化する前記交流信号に応じて直流信号を励起する手段を含む請求項1記載のシステム。

【請求項11】 前記ダイオードと結合して前記ダイオードの温度の関数として変化する対応する直流信号を発生する低周波帯域フィルタと、前記対応する直流信号を前記ドライバ手段の前記入力制御端子に出力する手段とを更に備える手段も含む請求項10記載のシステム。

20 【請求項12】 前記列挙末尾手段が前記対応直流信号に応じて前記ドライバ手段の前記入力制御端子に制御信号を供給するように接続されている温度係数平衡回路を含む請求項11記載のシステム。

【請求項13】 前記制御信号を前記ドライバ手段の前記入力制御端子に印加し前記制御信号の大きさを変化させる手段を備える温度係数域調節回路を更に含む請求項12記載のシステム。

30 【請求項14】 コイル位置の相対的な部材の位置の変化の関数として変化する出力を供給する合算増幅器と、別に前記制御信号を前記合算増幅器に印加し前記制御信号の大きさを変化させる手段を備える温度係数零点調節ユニット回路とを含む請求項12記載のシステム。

40 【請求項15】 コイルと前記コイルに相対的に可動で特定の交流周波数で変化する直流電流で前記コイルが励磁された時前記コイルに相対的に線形変位して前記コイルのインダクタンスを変化させる部材とを含む形式の線形変位トランスジューサと組み合わせられて前記コイルの温度の変化に応じて前記コイルを流れる前記変動直流電流で励磁される出力電圧信号を変調する温度補償手段であって、 (a) 前記コイルと前記電源とに直列に接続され前記コイルに密接して置かれ前記コイルと共に同一温度条件を与えられた感温ダイオードと、 (b) 前記ダイオードと前記コイルが温度変化の影響を受けて前記ダイオードの一方の端子に生じる電圧を感知する第1手段と、 (c) 前記第1手段に応じて前記第1手段に感知された直流電圧に比例する第1直流信号を生じる第2手段と、 (d) 前記ダイオードと前記コイルとが温度変化の影響を受けて前記ダイオードの前記一方の端子に生じる電圧を感知する第3の手段と、 (e) 前記第3の手段に

応じて前記コイル内の電流の交流成分に比例する第2直流信号を生じる第4の手段と、(f)前記コイルに結合され前記第1直流信号に応じて前記コイル内の電流の前記交流成分の振幅を変化させる手段と、(g)前記第4の手段に結合され温度変化に無関係に前記コイルに相対的に前記部材の変位に応じて変化する前記第2直流信号に応じる出力信号を生じる手段とを含む温度補償手段。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は一般に線形変位トランスジューサに関しとくに誘導型線形変位トランスジューサおよび前記トランスジューサと併用する信号プロセッサに関する。

【0002】

【従来の技術】誘導型線形変位トランスジューサおよび前記トランスジューサと併用する信号プロセッサは公知の技術である。例えば1987年5月19日発行のロバートW. レドリッチ (Robert W. Redlich) の米国特許第4,667,158号の「線形位置トランスジューサと信号プロセッサ (Linear Position Transducer And Signal Processor)」では誘導型線形トランスジューサとその関連信号プロセッサで対象物の直線移動量を計測するようにしたプロセッサが開示されている。

【0003】一般に米国特許第4,667,158号で開示されたトランスジューサは中空筒状の電気絶縁材 (たとえばプラスチック) 製の巻き棒と、該巻き棒の外面上に巻かれた電氣的良導体 (たとえば銅) のコイルと、巻き棒内を軸方向に移動する低透磁率高導電率 (たとえば銅またはアルミニウム) の円筒状磁心と、該磁心を計測対象物と結合する付属ロッドと、該トランスジューサの残部を囲繞し且つコイル電流による磁束をトランスジューサの内部に至るまで閉じ込めて該コイルを漂遊磁界から遮蔽する高導電性高透磁率材 (たとえば軟鉄または低炭素鋼) から成る遮蔽筒と、それに該遮蔽筒と該コイルとの間隙に挿入したこの間隙の磁気抵抗を軽減する効果を与える高透磁率低導電率材 (たとえばフェライト粉末を分散させた硬化結合材) からなる薄肉円筒とから成っている。

【0004】なお、米国特許第4,667,158号で開示された誘導型線形変位トランスジューサの構成に関する細部のそのほかの点については該特許文書に記載されておりその内容はここでも参照文献として含まれる。

【0005】トランスジューサの付属ロッドの変位を計測の対象とする対象物と結合しコイルに適宜通電すると、対象物の位置が変わるとコイルと相対的に磁心の位置が変わる。このようなコイルに相対的な磁心の移動は更に表皮効果のためにコイルのインダクタンスに変化を与える。インダクタンスの変化はどの様なものでも計測出来、対象物の線形変位の値が分る。

【0006】米国特許第4,667,158号ではその

様なインダクタンスの変化を計測して対象物の直線運動の値を得る信号プロセッサ手段も開示されている。該信号プロセッサ手段ではブリッジ回路を使い磁心の運動距離に比例する出力電圧を得るようにしている (したがって磁心と結合した対象物の移動距離に比例する)。とくにトランスジューサコイルを枝路として含むブリッジ回路が周波数領域が50ないし200キロヘルツの交流電源で励磁されている。半波整流器を用いてブリッジ回路からの交流出力信号を磁心の移動距離に比例する直流電圧に変換する、あるいは比例とまで云えなければ移動距離につれて変化すると云ってもよい。

【0007】米国特許第4,667,158号に開示された信号プロセッサ手段の構成はこの説明より詳しい内容が該特許に記載されており参考文献として本出願に含まれている。

【0008】残念ながら米国特許第4,667,158号に開示された線形変位トランスジューサと信号プロセッサは温度の影響を受けやすいことは公知であって、その程度はトランスジューサの温度変化のために本来磁心位置の変化だけに関係すべき出力信号が変化してしまうほどである。言い換えればトランスジューサの温度変化がトランスジューサの出力信号を変えるように働きその結果磁心の移動距離に正確に比例しなくなるのである。

【0009】とくに図1の曲線C₁は前記形式の典型的な誘導型線形変位トランスジューサが温度T₁で磁心が「アウト」の伸び状態位置に設定されている場合の出力信号を模式的に描いたものであり、同じく曲線C₂は同一のトランスジューサが同じ温度T₁ではあるが磁心は「イン」即ち引き込み状態にある場合の出力信号の模式的描である。図1の曲線C₁とC₂とを比較すればトランスジューサの温度係数を一定にすればトランスジューサの磁心の位置を変えた場合トランスジューサの発する信号の振幅成分は変化してもその直流オフセット成分には実質的に影響しない事は明らかである。したがってトランスジューサの温度が安定していさえすればトランスジューサの発する交流出力信号は半波整流器を使って読み取り対応する直流電圧を供給することが出来る。ここで直流電圧は磁心のストロークの限界に沿った任意の点でのトランスジューサの磁心の位置を表わしている。

【0010】いま述べたように図1の曲線C₂は典型的な誘導型線形変位トランスジューサの出力信号を模式的に描いている。該トランスジューサが任意の温度T₁にありその磁心が「アウト」位置に設定されている場合、典型的な誘導型線形変位トランスジューサの出力信号を模式的に描いている。該曲線C₁を図1から図2に複製し図2の曲線C₂は同一トランスジューサの出力信号であるが該トランスジューサが別の高さの温度T₂にありその磁心が「アウト」位置に設定した場合を模式的に描いている。念の為付け加えると曲線C₁とC₂とは図2で分りやすくするためある程度誇張して描いている。図

5

2の曲線C₁とC₂とを比較してみると磁心位置を一定に保ってもトランスジューサの温度が変化するとその影響でトランスジューサの出力信号の振幅成分が変わることが分る。

【0011】やはり念のため付け加えると、トランスジューサの温度の変化は該トランスジューサの出力信号の直流オフセット成分の変化を生じもするが直流オフセット成分のそのような変化では米国特許第4,667,158号の開示している形式の線形変位トランスジューサと信号プロセッサとの間での問題は起きない。その理由は直流オフセットに於けるそのような変化はトランスジューサの出力信号からフィルタリングで容易に取り除けるからであり、したがって該システムの精度に否定的に影響しないからである。この点トランスジューサへの温度の影響に起因する直流オフセット成分に生じるような当該変化も問題の所在を明らかにするため図2から除外し、トランスジューサの出力信号の交流成分に生じる変化を補正することこそ当面の課題となっている作用であるから、そのことを強調するようにしていると云う点も考慮さるべきである。

【0012】(a)トランスジューサの磁心位置の偏位がトランスジューサ出力信号の交流成分の振幅を変化させ、そして(b)トランスジューサの温度の変化がトランスジューサの出力信号の交流成分の振幅を変化させる点とに注目すると、トランスジューサの磁心位置の偏位を示すトランスジューサ出力信号の振幅成分の変化を主眼に分るようにした形式の信号処理手段ではトランスジューサの温度が変化すると不正確になる性質があることが分る。云い換えれば磁心位置とトランスジューサ温度と両方変化する限りトランスジューサ出力信号の振幅は変化するのであり一般にトランスジューサ出力信号の振幅成分の変化を主眼として構成された信号処理手段では振幅の変化をどんなに検知してもそれが磁心位置の偏位なのかトランスジューサ温度の変化なのかを決定する決め手がないことになる。したがってこのような温度変化環境下で信号処理手段を併用した誘導型線形変位トランスジューサを用いても該システムは不正確で磁心位置変化に関する信頼できる測定値は得られないのである。

【0013】一定の状況では誘導型線形変位トランスジューサとその関連信号処理手段に対する前記温度の作用が比較的少なく無視しても問題が無い場合もある。この点もっとも分かりやすいのは図2の曲線C₁とC₂とがいま問題としている作用を効果的に説明するため互いに誇張してあると云う点を思い出して貰えば良い。事実、典型的な誘導型線形変位トランスジューサの応用に際して、トランスジューサ出力信号の振幅成分が約100度Fの範囲にわたり約0.5ないし1.0%しか変化しない。しかしある種の応用分野になるとこの程度の温度作用でも重大な影響を及ぼしシステムがかなり不正確になり目的によっては信頼出来ないほどになるのである。

6

【0014】前記の見地からそのような温度の影響を誘導型線形変位トランスジューサとその信号処理手段から相殺することに努力が払われて来た。

【0015】その一例を挙げるとトランスジューサコイルの抵抗の既知の温度係数(TC)を用いて温度変化を検知して補償する例がある。とくにトランスジューサ出力信号の直流オフセットの変化はトランスジューサの温度の変化に相関しており次いでこの情報を用いて温度変化で生じるトランスジューサ出力信号を補正している。しかし工合の悪いことにこのような問題解決手法では精度が低くなる傾向が在りそれには幾つかの要因が挙げられる。先ずコイルの直流温度依存性がかかなり低くなり易いことである。とくに線形変位トランスジューサの典型的な場合では約25mAで動作し直流抵抗は約2オームであるとするとその場合トランスジューサの巻線は約50mVの直流電圧の低下を生じる。近似的には+3,900ppm/°Cの温度依存性では該トランスジューサ動作レベルではせいぜい約+195uV/°Cのトランスジューサ温度係数(TC)に相当する。更にこの技法ではトランスジューサの接続ケーブルの直流抵抗がトランスジューサ自体の巻線抵抗と合算されることになりしかもトランスジューサ接続ケーブルの直流抵抗はかなりトランスジューサ自体の巻線の直流抵抗に近い値である。すなわち典型的なトランスジューサの巻線は約2オームであり標準の接続ケーブルでは10フィート当り約1オームであるから、直流オフセットの変化は必ずしも該トランスジューサで生じる温度変化をただちに表わすとは限らないことは明らかである。またこのことは接続ケーブルでの温度変化にも反映する。この点、厳しく見てゆく必要が在る。とくにトランスジューサの接続ケーブルは典型的なもので約10フィートの長さがありしたがって全くトランスジューサコイルとは違う温度状態に在り得ることになるし、云い換えれば温度は一通りではないと云う点を考慮しなければならないからである。今述べたことから明らかなようにトランスジューサコイルの直流温度依存性を用いてトランスジューサの温度変化を補正しようとする試みはどちらかと云えば大した成果が得られないことになる。

【0016】別の構成の例を挙げると、通常のシリコンダイオードの既知の温度係数(TC)を用いてトランスジューサの温度変化を検知し補償しようとするものがある。トランスジューサのコイルは交流電源と共通ラインとの間を接続しており通常のシリコンダイオードは共通ラインと第3の端子とを接続している。次いで温度補償信号が第3の端子から読み込まれる。通常のシリコンダイオードの温度係数は典型的にはトランスジューサ動作レベルでは約-2.07mV/°Cであるからシリコンダイオードの感度は温度の変化を検知する場合にトランスジューサの巻線よりほぼ10倍高いのである。けれども残念ながらこの技法は第3の線と云う設備を必要とす

る。多くの制約のため線の数2個までに制限する必要がある。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】したがって本発明の主な目的はトランスジューサの温度変化と無関係に線形変位を正確に測定出来る誘導型線形変位トランスジューサとその関連温度補償信号プロセッサとを提供することである。

【0018】本発明のつぎの目的はトランスジューサ集成分から出ている2個だけの線を用いて温度補償出力信号を供給する誘導型線形トランスジューサと関連温度補償信号プロセッサとを提供することである。

【0019】本発明の更につぎの目的は低コストでしかも信頼性の高い誘導型線形変位トランスジューサと関連温度補償信号プロセッサとを提供することである。

【0020】本発明の別の目的は各種の2線式誘導型線形変位トランスジューサと協働可能な温度補償信号プロセッサとを提供することである。

【0021】本発明の更に別の目的は対象物の線形変位を測定するシステムであって、誘導型線形変位トランスジューサと、該トランスジューサと結合してトランスジューサの温度変化を補償する線形変位の信号データを供給する手段とを含むシステムを提供することである。

【0022】

【課題を解決するための手段及び作用】これら本発明に列挙した諸目的には上記の形式の誘導型線形変位トランスジューサと該誘導型線形変位トランスジューサと接続した温度補償信号プロセッサとが含まれている。該温度補償信号プロセッサには(a)直流電源と接続するための端子手段と、(b)該端子手段をトランスジューサに接続し電流をトランスジューサを介して供給する電流調節器手段と、(c)該電流調節器手段に接続され、それから供給された電流を印加入力信号に応じて変調する振幅可変・周波数安定ドライバ手段と、(d)該電流調節器手段とトランスジューサとに直列に接続され実質的にトランスジューサと同一の温度に置かれる感温手段と、(e)該感温手段と結合しトランスジューサの線形変位の変化の温度補正出力信号データを供給する信号プロセッサ手段とが含まれている。

【0023】該感温手段はトランスジューサと感温手段とが影響される温度変化に応じ感温手段を介したトランスジューサの信号の直流オフセットに比較的大きな変化を引き起こすことが可能である。しかし該トランスジューサと感温手段とが温度変化を蒙りその結果トランスジューサの信号の直流オフセットが主に感温手段の温度変化の作用に起因して変化しても、感温手段を介したトランスジューサの交流信号の振幅成分には変化が起らないのである。本発明の実施例では該信号処理手段には

(1) 該電流調節器手段と感温手段間に接続され該トランスジューサの発する信号の直流オフセットの変化を検

知して対応する信号をドライバ手段に対する入力信号として発生し該ドライバ手段が電流調節器手段によって供給された変調電流を補正してトランスジューサ温度の変化に起因するトランスジューサの信号の振幅の変化を補償する第1手段と、(2) 該トランスジューサの発する信号の振幅成分を監視してトランスジューサの磁心位置を表わす出力信号を供給する第2の手段とを含んでいる。

【0024】該感温手段には温度変化が該トランスジューサとダイオードとの組合せ器材の信号の直流オフセットにかなり実質的に影響を及ぼす比較的高い温度係数(TC)と、温度の変化がダイオードを介してトランスジューサの信号の振幅に実質的に影響を及ぼさない比較的低い動的抵抗と、その両端間での電圧降下が比較的低く使用中の発熱がほとんど無いダイオードを含むことが望ましく、本発明にはショットキーダイオードを用いるのが望ましい。ショットキーダイオードを介することで電流を一定に保つことが出来ダイオードの電圧/温度特性が安定するからである。

【0025】

【実施例】図1にはある温度T₁での典型的な誘導型線形変位トランスジューサの信号特性を図示する。ここに曲線C₁は磁心が「アウト」位置に設定されたトランスジューサの出力信号の模式図であり、曲線C₂は磁心が「イン」位置に設定されている同一温度のトランスジューサの出力信号の模式図である。

【0026】図2は同じトランスジューサの信号の図示であるがここではC₁はトランスジューサが一定の温度T₁に在り磁心が「アウト」位置に在る場合の出力信号の模式図であるが曲線C₂はトランスジューサが或るもっと高い温度T₂に在り、この磁心はなおも「アウト」位置に在る場合のトランスジューサの出力信号の模式図(トランスジューサに及ぼす温度作用に起因する直流オフセットに生じる何等かの変化は図2からは除外してある。それは問題点を明確化するため温度に起因するトランスジューサ信号の交流成分の振幅の変化を強調するためである。後者の変化が本発明と関連する作用であるからである)。

【0027】図3は線形変位トランスジューサを示す模式図であって本発明を具体化した温度補償手段の望ましい形態である。

【0028】つぎに図3を参照するとここには本発明の実施例を含む誘導型線形変位トランスジューサ5とその関連温度補償信号プロセッサ10とが図示されている。

【0029】トランスジューサ5は対象物の直線運動を測定出来るようにした誘導型線形変位トランスジューサである。この例に沿って説明すると、トランスジューサ5は米国特許第4,667,158号に開示されているトランスジューサと同型または類似のものであって当業者には周知の誘導型線形変位トランスジューサと同等の

ものである。トランスジューサ5はコイル6と磁心7とを備えておりコイル6の一端はライン20を介して温度補償信号プロセッサ10のダイオード15の陽極に接続している。コイル6の他端はライン25を介して接地されている。ダイオード15の陰極は直流電源に接続している。このことについては後述する。ダイオード15は直接トランスジューサと密接しており望ましくはカプセル入りであってライン20が比較的短くたとえば1インチかそれ以下であると云う点に注目を要する。このようにすればダイオード15とトランスジューサ5とは同一温度に在ることは確実である。磁心7の一端は可動対象物(図示せず)と接続され該対象物の動きは測定されることになる。前述のように該トランスジューサの該信号はその可動磁心7の位置と共に変化する。(言い換えればコイル6に相対的な磁心7の動きはトランスジューサの有効インダクタンスに変化を与えたがってトランスジューサの交流信号の振幅成分に変化を与える)のでトランスジューサの信号はトランスジューサ温度に応じて変化する(言い換えればトランスジューサ温度の変化はトランスジューサの信号の交流成分の振幅を変化させる)。もちろんダイオード15はトランスジューサと直列に直流電源とトランスジューサとの間に置かれているのでダイオードの信号はダイオードの温度から何等か影響されていることにも注目する必要がある。トランスジューサ5の代表的なものは約25mAで動作しそのコイル6が約2オームの抵抗であることにも配慮を要する点である。コイル6はまた代表的なトランスジューサの動作レベルで約+195 μ V/°Cの温度係数を有する。

【0030】前記温度補償信号プロセッサ10はダイオード15をライン55と60とを介して直流電源すなわち直流電圧-Vccの電源に接続してコイルに一定の直流電流を流す役割をもつ電流調節器30を含んでいる。前記直流供給電圧-Vccは約-15DCボルトに設定されているのでコイル内の該直流電流は一定で約25mAである。電流調節器30には入力制御端子があってライン45とライン50を介してドライバ40の出力側と接続している。ドライバ40は一定の周波数出力信号を発生するように設定された形式の通常の発振器であって該信号の振幅は入力制御信号に応じて変化する。ドライバ40の役割は電流調節器30の出力を周波数100kHzに変調することである。電流調節器30の出力端子は正の信号検知器65の入力端子にライン55とライン70と100kHz帯域フィルタとライン74とを介して接続されまた低周波帯域フィルタ75にライン55とライン80とを介して接続されてもいる。帯域フィルタ73は必要な周波数の交流信号は通すが直流信号は遮断する特性をもっている。

【0031】ライン60が一般にはトランスジューサの接続ケーブルであることは注目に値する。つまり仮に10フィートの標準接続ケーブルを用いるとすると典型的

には約1オームの直流抵抗がありトランスジューサコイル6の直流抵抗のほぼ半分に相当するのである。ダイオード15はコイルに密接して取り付けであるからダイオード15とトランスジューサコイル6とを接続するライン20には問題になるほどの長さは無い(たとえば1インチかそれ以下である)。したがってコイル6とケーブル60との抵抗に較べれば問題に成らない。

【0032】ダイオード15は直列にトランスジューサ5と電流調節器30との間に在って感温手段の役割を果たしている。この感温手段の特性は(1)ダイオードの温度変化がトランスジューサの信号の直流オフセットに実質的にかなり影響を及ぼす程度の比較的高い温度係数(TC)と、(2)ダイオードの温度変化がトランスジューサの交流信号の振幅成分に何等の影響も及ぼさない程度に低い動的抵抗とである。前述した通りダイオード15はトランスジューサ5に密接し望ましくはカプセル入りであってダイオードがトランスジューサ5と同一温度に置かれるようになっている。

【0033】ダイオード15は望ましくはショットキーダイオードであってたとえば約25mAの動作電流にあつては約1オームの動的抵抗と約-1.6mV/°Cの温度係数(TC)とを有する1アンペアの素子1N5818である。このような態様ではトランスジューサ5が上記のように約+195 μ V/°Cの温度係数である限りダイオード15はトランスジューサコイル6の約8倍、典型的な接続ケーブル60の10フィート分の約16倍に相当する温度係数をもつことは注目に値する。こうしてダイオード15はコイル6またはケーブル60より遙かに大きな温度依存性を有するのである。

【0034】結節点すなわち分岐点69の信号はライン80を介して低周波帯域フィルタ75に入る。フィルタ75は直流信号は通すが問題の周波数の交流信号は遮断する特性を持っている。したがってフィルタ75は対応する直流出力信号をライン90を介して温度係数平衡ユニット85に印加するよう供給する。低周波帯域フィルタ75を通りライン90を経て温度係数平衡ユニット85に至る該直流信号は分岐点69に生じる信号の直流オフセット成分である。このように見てくると注意を要する点はトランスジューサ5の信号の直流オフセット成分が直流供給電圧-Vccとケーブル60、ダイオード15、それにコイル6の温度影響との関数だと云うことでありまたショットキーダイオード15の温度係数がトランスジューサ5の約8倍、接続ケーブル60の約16倍であるから温度影響に起因する分岐点69の信号の直流オフセット成分に生じる何等かの変化の大半は温度依存性の高いショットキーダイオード15への温度の影響が引き起こす変化だと云うことである。

【0035】温度係数平衡ユニット85は低周波帯域フィルタ75の直流信号出力に反応するようになっている。温度係数平衡ユニット85には演算増幅器95が含

まれ演算増幅器95には一方に低周波帯域フィルタ75の出力ラインをライン90を介して含む入力端子があるが他方には電圧ライン105を介して電圧分割器100に接続する入力端子がある。この例に限らないがこの例で言えば電圧分割器100には-6.9ボルトの電源と接地との間に接続された固定抵抗110と可変抵抗115とを含み且つ抵抗110と115との分岐点には増幅器の入力端子の一方が接続されている。増幅器95のこちらの入力端子への電圧入力は可変抵抗115の設定を変更して調整することが出来る。増幅器95の出力は温度係数域調整ユニット120に出力ライン125とライン130とを介して出力されライン125とライン140とを経て温度係数零点調節ユニット135に印加される。

【0036】温度係数域調整ユニット120には増幅器145とポテンションメータ150とが含まれポテンションメータの抵抗素子は増幅器95の出力端子と接地との間に接続されている。ポテンションメータ150のタップは増幅器145の一方の入力端子にライン155を介して接続されそのためライン155に輸入された直流電圧入力は調整することが出来る。増幅器145の他方の入力端子は適当な電源例えば正の6.9ボルト電源にライン157を介して接続されている。増幅器145の出力はドライバ40の入力制御端子にライン160を介して接続されている。

【0037】上述の通りドライバ40は通常の振幅可変・周波数安定型発振器である。ライン50上のドライバ出力信号の振幅は温度係数域調整ユニット120のライン160上の直流出力信号に応じて変化する。

【0038】温度係数域調整ユニット120によってドライバ40に供給された直流入力信号はそれ自体低周波帯域フィルタ75と温度係数平衡ユニット85を介して分岐点69に現れる信号の直流オフセット成分から得られたものであるから、直流オフセット成分が直流供給電圧 $-V_{cc}$ とケーブル60とダイオード15とコイル6の温度の影響の関数である限り、そして温度変化に起因する直流オフセット成分に生じる何等かの変化の大半が高い温度依存性を持ちトランスジューサ自体に設けてあるショットキーダイオード15の温度によって生じる変化である限り、ドライバ出力信号の振幅がトランスジューサの温度変化に応じて調整されることは明らかであるし、しかもその結果、トランスジューサに置かれたがって正確にトランスジューサ温度の変化を反映するダイオード15に主として生じる直流オフセット成分の変化を利用しているのであるから、信号プロセッサ10はトランスジューサ温度の変化に起因するトランスジューサの信号の振幅成分のどんな変化も補償することが出来ることは明らかである。

【0039】とくにトランスジューサ温度の変化がトランスジューサの信号の交流振幅成分を変化させる(図2

参照)場合、温度の該変化は高い温度依存性のショットキーダイオードに該ダイオードを介するトランスジューサの信号の直流オフセット成分を比較的大きく変化させるように働きもするのである。低周波帯域フィルタ75と温度係数平衡ユニット85と温度係数域調整ユニット120とドライバ40とは互いに協働してトランスジューサの温度変化の指標として結節点69での直流オフセット成分の変化を読み取り、次いでこれと対応してドライバの出力信号の振幅を変化して分岐点69での交流信号の振幅成分を一定に保ちそれによってトランスジューサ温度の変化に起因するトランスジューサの信号の振幅成分で起こるどんな変化をも相殺するのである。

【0040】ドライバ40の出力端子はライン50と170とを介して零点調節ユニット165の入力側にも接続されており、零点調節ユニット165はポテンションメータ175を含むその抵抗成分の一端はライン170に、他端は接地に接続されている。該ポテンションメータ175のタップはライン190を介して100kHzの帯域フィルタ191の入力に接続され更にライン192を介して負基準検知器185に接続されているので負基準検知器185に供給される入力電圧はポテンションメータ175の設定を変化させて調整することが出来る。

【0041】帯域フィルタ73は分岐点69の信号の振幅成分だけを正信号検知器65に通し分岐点69の信号のどんな直流成分も遮断する。正信号検知器65には半波整流器が含まれ帯域フィルタ73の出力を対応する直流信号に変換する。帯域フィルタ191はドライバ40の信号の振幅成分だけを負基準検知器185に通し負基準検知器185は半波整流器であって帯域フィルタ191の出力を対応する直流信号に変換する役割を果たしている。抵抗195と205とは同値であって互いに接続され検知器65と185の出力端子とも接続されている。抵抗195と205の分岐点は総和器215の一方の入力端子に接続されている。かくして正信号検知器65と負基準検知器185との直流出力が総和器215に印加される以前に合算されることは明らかである。したがって総和器215の負入力端子の印加信号は正信号検知器65と負基準検知器185の信号の大きさが等しければゼロに成るはずである。

【0042】温度係数零点調節ユニット135にはポテンションメータ253が含まれその抵抗成分は増幅器95の出力と接地の間を接続している。ポテンションメータ235のタップ240は固定接地抵抗245の一端に接続され他端は総和器215の他方の入力端子にライン255を介して接続されている。

【0043】総和器215の出力は直流増幅器/フィルタユニット260の入力に接続されこのユニットには温度係数域調整ユニットとして作用して直流増幅器/フィルタユニット260の利得を制御する可変抵抗フィードバック回路網265を含んでいる。このユニット260

の出力は直流電圧であってコイル6内の磁心7の位置に比例しトランスジューサ5へのいかなる温度作用も相殺する。

【0044】もちろん該トランスジューサ5と温度補償信号プロセッサ10とは使用前に初期校正されていなければならない。校正はポテンションメータ174を零点調節ユニット165に、ポテンションメータ150を温度係数域調整ユニット120に、ポテンションメータ235を温度係数零点調節ユニット135に、そして温度係数域調整ユニット265を直流増幅器／フィルタユニット260に調整することによって完了するがこれらの処理手順は当業者にとっては周知の処理手順である。

【0045】該機器が校正された後、周知の処理手順で直線運動の測定データとなる電気信号が供給される。該機器には温度補償信号プロセッサが含まれているので該装置はさまざまな異なる温度環境で用いても信頼性の高い結果が得られる。実施例の場合を取ってみれば事実が示すように温度補償信号プロセッサ10を付帯した誘導型線形変位トランスジューサ5は米国特許第4,667,158号で開示されている機器よりトランスジューサの置かれるあらゆる温度範囲に亘って4ないし5倍の精度が得られている。

【0046】上述のようにダイオード15は望ましくはショットキーダイオードであってたとえば約25mAの動作電流にあっては約1オームの動的抵抗と約-1.6mV/°Cの温度係数(TC)とをもつ1アンペアの素子1N5818であってその温度依存性は典型的な接続ケーブル60の約16倍、トランスジューサのコイルの約8倍に相当する。

【0047】更にダイオード15は動的電流約30mAで約2.8オームの動的抵抗をもつ種類の通常のシリコンダイオードであってもよく、その場合には温度係数(TC)は約-2.07mV/°Cとなって近似的にはトランスジューサコイルの10倍、典型的な接続ケーブル60の20倍となる。またはダイオード15が例えば約25mAの動作電流での動的抵抗が約1.7オームの1N4005素子のようなかなり大型の1アンペアダイオードであっても良い。だがこのようなダイオードの高い動的抵抗では沢山の問題が生じる。これらの問題点のうちあるもの(例えば線形性)では10uFのバイパス容量(コンデンサ)を使ってなら解決できるがほかのもの(例えば自己発熱性のもの)では無理である。こうしてショットキーダイオードの有する比較的低い動的抵抗と比較的低い電圧降下性と比較的高い温度係数(TC)とは本発明の使用目的には最適である。だが本発明ではほかの種類のダイオードを同じように用いることも妨げるものではない。

【0048】本発明の範囲を外れないで温度補償信号プロセッサ10を他に転用することも考えられる。とくに上記の図3に描した信号プロセッサ10では所望の温度

補償作用はつぎの点によって得られている。すなわち

(1) ダイオードの信号の直流オフセットの変化を第1に読み取ってトランスジューサに生じる温度変化の指標としそれから(2)この直流オフセットの変化を用いてドライバ40によって提供される変調を調整してトランスジューサへの温度影響に起因するトランスジューサの出力信号の振幅成分に生じるどんな変化も相殺するように用いられる制御信号を発生することである。だがダイオードの信号の直流オフセットの変化を利用してドライバ40で提供された変調を調整せずに温度補償に作用しても良い点をも期待できるのである。

【0049】たとえばダイオードの信号の直流オフセットの変化を用いて補正信号を発生し次いで補正信号を合算した出力信号が補正された温度になるようにダイオードの信号の交流成分を解析して回路成分の出力と合算してもよい。

【0050】またはダイオードの信号の直流オフセットの変化を用いてトランスジューサに生じる温度変化の信号データを発生し次いで該信号を温度-補償の参照用テーブルと共にマイクロプロセッサに印加しトランスジューサの位置変化を示す温度補正の出力信号を発生しても宜しいのである。

【0051】最後に上述のように本発明は数多の形式の誘導型線形変位トランスジューサに用いられるものであって前述の米国特許第4,667,158号で開示されたトランスジューサや90年3月27日発行のレドリッチ等の米国特許第4,912,409号「無管的に外部磁束を有するアクチュエータ型変位トランスジューサ(Actuator Displacement Transducer Having External Flux Excluding Tube)」に開示されたトランスジューサにも限定されることなく包括的に使用可能である。

【0052】

【発明の効果】本発明を用いると数多の効果が得られる。

【0053】本発明はまず第1にトランスジューサの温度変化と無関係に線形変位を正確に測定出来る誘導型線形変位トランスジューサとその関連温度補償信号プロセッサとを提供する。

【0054】本発明はつぎにトランスジューサから出る2個だけの線を用いて温度補償出力信号を供給する誘導型線形変位トランスジューサと関連温度補償信号プロセッサとを提供する。これに反し類似の先行技術による素子では温度補償を正確に達成するのに3個もの線を要しているのである。

【0055】本発明は更に低コストでしかも信頼性の高い誘導型線形変位トランスジューサと関連温度補償信号プロセッサとを提供する。

【0056】本発明は別に各種の2線式誘導型線形変位トランスジューサと協働可能な温度補償信号プロセッサ

【0057】本発明はまた対象物の線形変位を測定するシステムが誘導型線形変位トランスジューサと該トランスジューサと結合してトランスジューサ温度変化を補償する線形変位の信号データを供給する手段とを含むシステムを提供する。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1にはある温度 T_1 での典型的な誘導型線形変位トランスジューサの信号特性を図示する。ここに曲線 C_1 は磁心が「アウト」位置に設定されたトランスジューサの出力信号の模式図であり、曲線 C_2 は磁心が「イン」位置に設定されている同一温度のトランスジューサの出力信号を模式図である。

【図2】図2は同じトランスジューサの信号の図示であるがここでは C_1 はトランスジューサが一定の温度 T_1 に在り磁心が「アウト」位置に在る場合出力信号の模式図であるが曲線 C_2 はトランスジューサが或るもっと高い温度 T_2 に在り、その磁心はなおも「アウト」位置に在る場合のトランスジューサの出力信号の模式図（トランスジューサに及ぼす温度作用に起因する直流オフセットに生じる何等かの変化は図2からは除外してある。そ

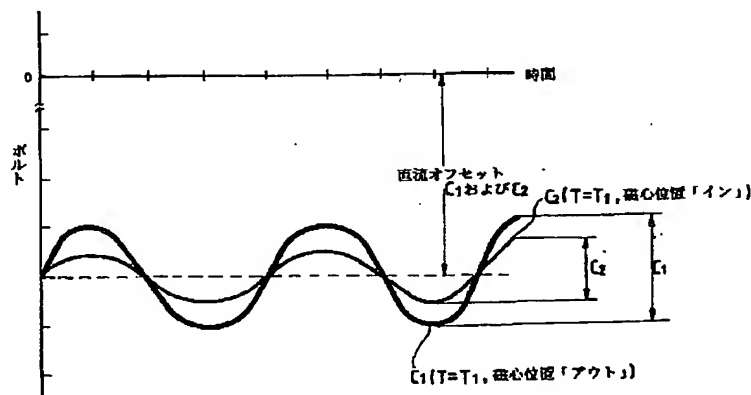
れは問題点を明確化するため温度に起因するトランスジューサ信号の交流成分の出力の変化を強調するためである。後者の変化が本発明と関連する作用であるからである。

【図3】図3は線形変位トランスジューサを示す模式図であって本発明を具体化した温度補償手段の望ましい形態である。

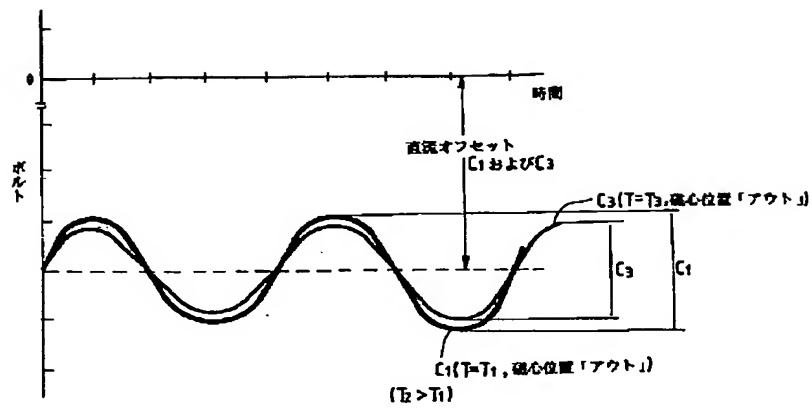
【符号の説明】

- | | |
|-----|--------------|
| 30 | 電流調節器 |
| 40 | 100kHzドライバ |
| 65 | 正信号検知器 |
| 73 | 帯域フィルタ |
| 75 | 低周波帯域フィルタ |
| 85 | 温度係数平衡ユニット |
| 120 | 温度係数域調整ユニット |
| 135 | 温度係数零点調節ユニット |
| 165 | 零点調節ユニット |
| 185 | 負基準検知器 |
| 191 | 帯域フィルタ |
| 265 | 温度係数域調整ユニット |

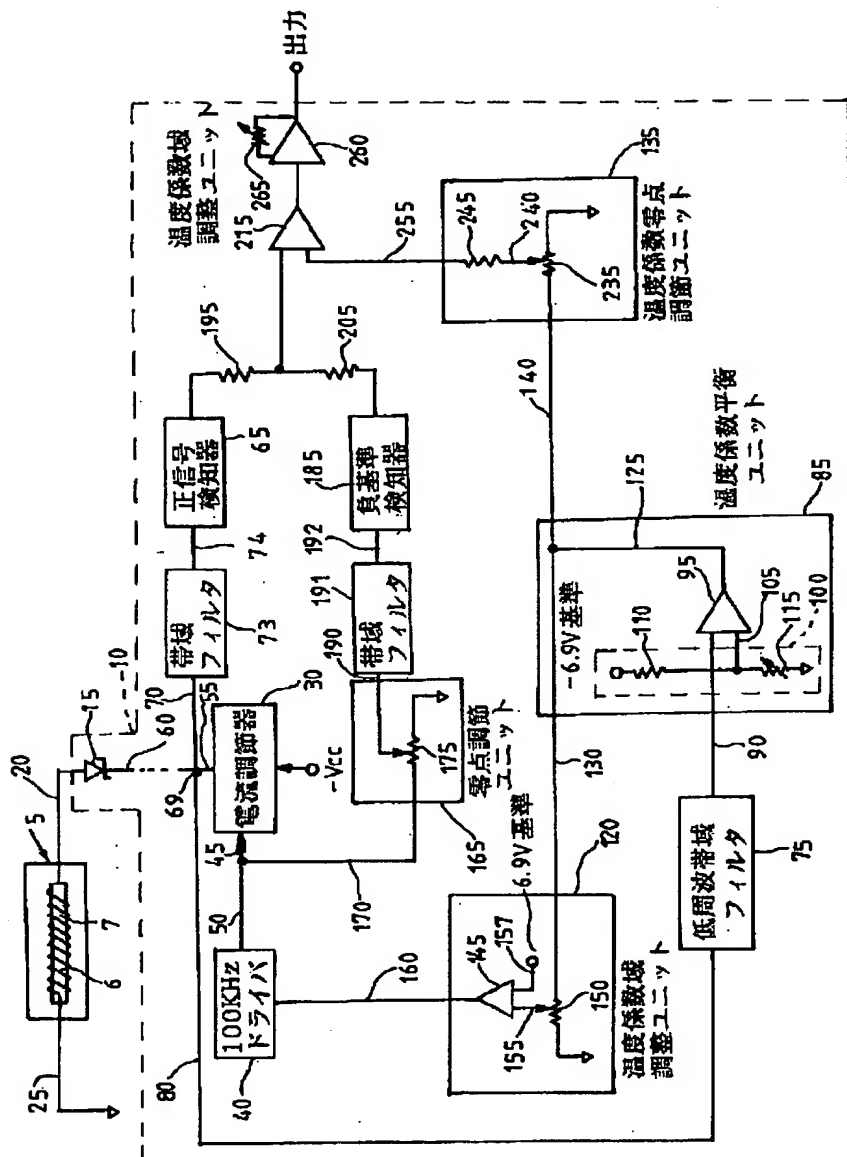
【図1】



【図2】



【图 3】



(72)発明者 ダニエル アール. ウェーバー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州
01450 グロウトン オーガステイン ロ
ード 15

This Page Blank (uspto)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-306890

(43)Date of publication of application : 29.10.1992

(51)Int.Cl. H01L 43/02
G01B 7/00

(21)Application number : 03-322090

(71)Applicant : DATA INSTR CO

(22)Date of filing : 05.12.1991

(72)Inventor : BEAN ORVILLE E
WEBER DANIEL R

(30)Priority

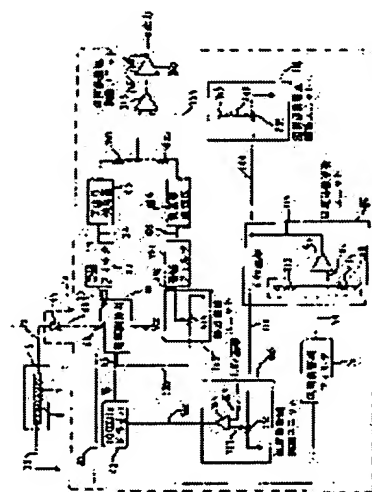
Priority number : 90 622436 Priority date : 05.12.1990 Priority country : US

(54) INDUCTIVE LINEAR DISPLACEMENT TRANSDUCER AND TEMPERATURE COMPENSATED SIGNAL PROCESSOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To measure a linear displacement accurately by providing a variable amplitude stabilized frequency driver means to be connected with a current regulator means, a temperature sensitive means being set at the same temperature as a transducer, and a signal processor means providing the temperature compensated output data of linear displacement of the transducer.

CONSTITUTION: The temperature compensated signal processor 10 comprises a current regulator 30 for feeding a coil with a constant DC current by connecting a diode 15 with a DC power supply of DC voltage $-V_{cc}$ through lines 55, 60. The DC supply voltage $-V_{cc}$ is set at about -15 DC volt and a constant DC current of about 25mA flows through a coil. The current regulator 30 has an input control terminal connected with a driver 40 on the output side thereof through lines 45, 50. The driver 40 is an ordinary oscillator being set to deliver an output signal of constant frequency having amplitude dependent on the input control signal.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

This Page Blank (uspto)

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

This Page Blank (uspto)